

El papel del conejo como especie clave multifuncional en el ecosistema mediterráneo de la Península Ibérica

M. Delibes-Mateos^{1,2}, L. Gálvez-Bravo^{2,3}

(1) Departamento de Biología Animal, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, 29071 Málaga, España.

(2) Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos, IREC (CSIC-UCLM-JCCM). Ronda de Toledo s/n 13071, Ciudad Real, España.

(3) Departamento de Ecología, Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, Madrid, España.

➤ Recibido el 8 de septiembre de 2009, aceptado el 5 de octubre de 2009.

Delibes-Mateos, M., Gálvez-Bravo, L. (2009). El papel del conejo como especie clave multifuncional en el ecosistema mediterráneo de la Península Ibérica. *Ecosistemas* 18(3):000-000.

En este trabajo se presenta una revisión del papel del conejo como especie clave en algunos ecosistemas mediterráneos de la Península Ibérica. Por un lado, el conejo constituye una presa importante para más de 40 depredadores, entre los que destacan el lince ibérico (*Lynx pardinus*) y el águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*). Por otro lado, los conejos, a través del pastoreo y la dispersión de semillas, alteran la composición de especies vegetales, creando áreas abiertas en el matorral y contribuyendo a la diversidad de plantas. Además, las madrigueras de conejo sirven de refugio para numerosas especies de vertebrados e invertebrados y ejercen una notable influencia sobre la composición florística de la vegetación herbácea. Por último, las letrinas de los conejos no sólo tienen un efecto considerable en la fertilidad del suelo y, por tanto, en el crecimiento de la vegetación, sino que también sirven de áreas de alimentación para numerosos invertebrados. Esta multiplicidad de facetas relevantes convierten al conejo en una especie clave, cuya recuperación debería ser una prioridad para la conservación de la biodiversidad en la Península Ibérica.

Palabras clave: Conservación, Ecosistemas mediterráneos, Especie clave, Ingeniero de ecosistemas, Península Ibérica.

Delibes-Mateos, M., Gálvez-Bravo, L. (2009). A review of the multifunctional key role of European rabbits in the Iberian Mediterranean scrubland. *Ecosistemas* 18(3):000-000.

This review addresses the role of European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) as a multifunctional keystone species in the Iberian Peninsula. Rabbits serve as prey for > 40 predators, including the critically endangered Iberian lynx (*Lynx pardinus*) and the Spanish imperial eagle (*Aquila adalberti*). Moreover, they conspicuously alter plant species composition and vegetation structure through grazing and seed dispersal, creating open areas and contributing to plant species diversity. Additionally, rabbit burrows provide nest sites and shelter for several vertebrates and invertebrates, and can have significant effects on herbaceous species composition. Finally, rabbit latrines have a demonstrable effect on soil chemical fertility and plant growth, and provide new feeding resources for many invertebrate species. Rabbits exert a multifunctional influence on ecosystem processes and have a key role in the maintenance of biodiversity, so the recovery of their populations should be a conservation priority in the western Mediterranean Basin Hotspot.

Keywords: Conservation, Mediterranean ecosystems, Keystone species, Ecosystem engineer, Iberian Peninsula.

Introducción

Hasta la fecha se han descrito al menos 34 puntos calientes de biodiversidad, los cuales se caracterizan por tener una alta concentración de especies endémicas y por estar experimentando una excepcional pérdida de hábitat (Mittermeier et al., 2005). El declive o desaparición de especies clave supone un riesgo habitual para la conservación de estas regiones, ya que puede provocar efectos catastróficos en cascada en todo el sistema (Chapin et al., 2000).

Los ecosistemas mediterráneos se distribuyen por distintas zonas de América (California y Chile), Sudáfrica, Australia y alrededor del mar Mediterráneo (Di Castri y Money, 1973). Estas regiones, caracterizadas por veranos cálidos y secos e

inviernos templados son importantes centros de biodiversidad; seguramente segundas en importancia tras los trópicos (Cowling et al., 1996). La Península Ibérica, incluida dentro de este punto caliente de biodiversidad, alberga un buen número de especies endémicas (e.g. más de 1500 especies vegetales endémicas; MMA, 2008).

Durante las últimas décadas, los hábitats mediterráneos de la Península Ibérica han sufrido grandes transformaciones debido a los cambios agrícolas, la proliferación de repoblaciones forestales, la construcción de embalses y la urbanización desenfrenada (e.g. Symeonakis et al., 2007). Además, un riesgo añadido para la conservación de estos importantes ecosistemas podría ser el declive de especies clave, como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) debido a la importancia que esta especie endémica de la Península Ibérica tiene en este tipo de ambientes (e.g. Valverde, 1967; Delibes e Hiraldo, 1981; Soriguer, 1981; Soriguer, 1983; Jaksic y Delibes, 1987).

En este trabajo revisamos el papel del conejo en el ecosistema mediterráneo de la Península Ibérica (**Fig. 1**). Concretamente nos centramos en su función como presa, en su influencia sobre la comunidad vegetal a través del pastoreo, en su eficacia como dispersor de semillas, y en la importancia de sus madrigueras y letrinas para otras especies y procesos. Todos estos aspectos han sido resumidos en la **figura 2** (inspirada en Kotliar et al., 1999 y adaptada de Delibes-Mateos et al., 2008) y serán detallados a continuación. Finalmente, discutimos como el declive acusado que está sufriendo esta especie (e.g. Delibes-Mateos et al., 2009), puede estar afectando a la porción Ibérica del punto caliente de biodiversidad de la cuenca mediterránea.

El conejo como presa

Los pequeños mamíferos como el conejo constituyeron un componente fundamental de la dieta de los habitantes de la Península Ibérica desde el Paleolítico hasta la edad de Bronce (Callou, 2003; Hockett y Bicho, 2000). En yacimientos valencianos del Paleolítico superior, por ejemplo, el consumo humano de conejos en este periodo debió ser muy importante, ya que la proporción de restos del lagomorfo sobre el total de mamíferos sobrepasaba con creces el 80 % en la mayoría de los casos (Pérez Ripoll, 2005). La importancia del conejo de monte disminuyó en la Edad Media, cuando la producción de ejemplares domésticos se convirtió en algo habitual (Van Dam, 2001). Pese a todo, su carne era aún muy apreciada durante la primera mitad del siglo XX (Delibes, 1972). Hoy en día la caza del conejo en la Península Ibérica es una actividad deportiva que mueve una cantidad de dinero importante (Angulo, 2003; Angulo y Villafuerte, 2003). El conejo está considerado, junto a la perdiz roja (*Alectoris rufa*), una de las principales piezas de caza menor en la Península Ibérica (Ballesteros, 1998). Además, es la especie con mayor número de individuos abatidos en nuestras latitudes (más de 4 millones son cazados cada año en España; INE 2006; **Fig. 3**) a pesar del declive de sus poblaciones. Por todo ello, este lagomorfo tiene también una gran relevancia desde el punto de vista socioeconómico.



Figura 1. Conejo de monte en Artajona (Navarra). Fotografía: José Ardaiz.

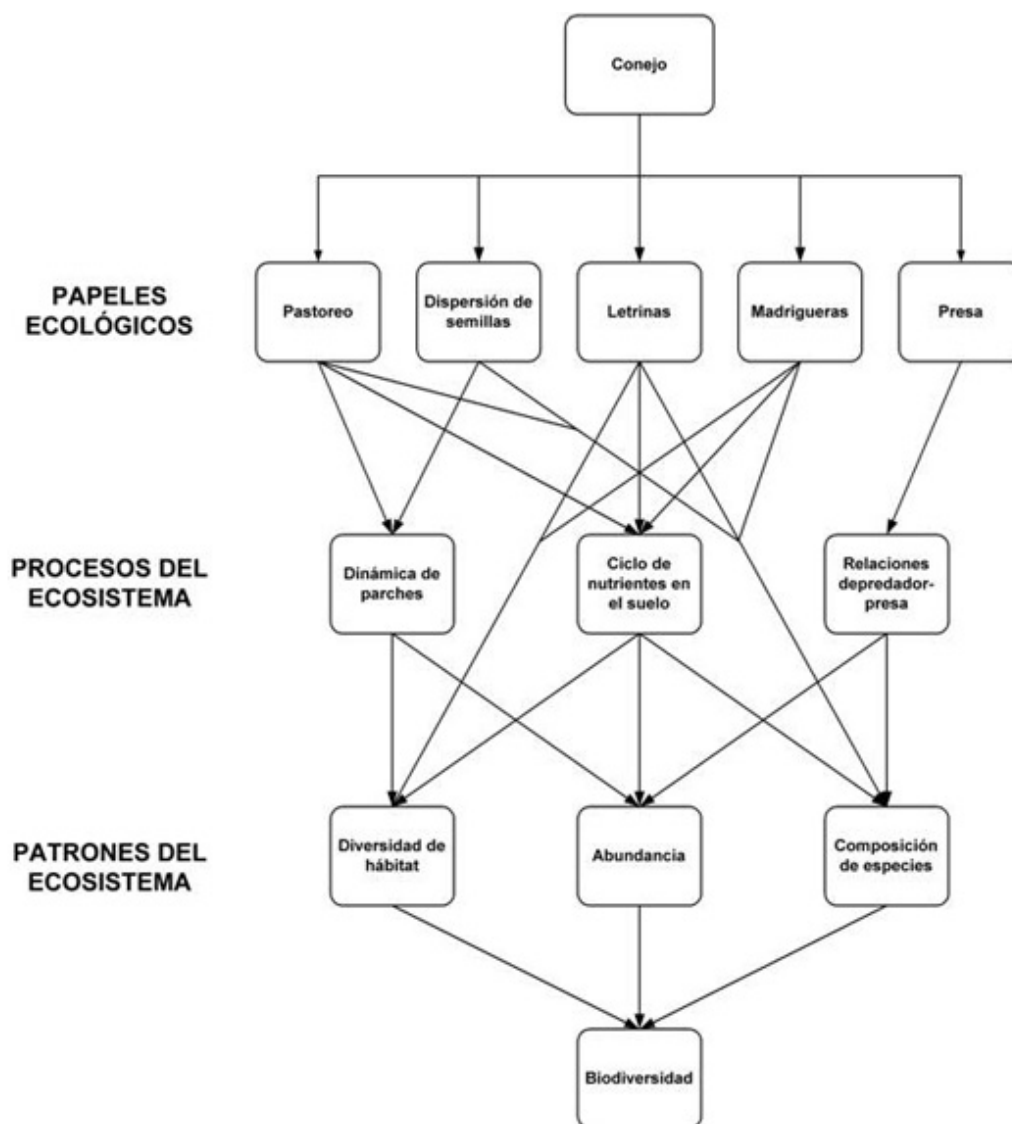


Figura 2. Principales vías por las que el conejo afecta positivamente a la estructura y función del ecosistema mediterráneo de la Península Ibérica (inspirado en Kotliar et al., 1999; adaptado de Delibes-Mateos et al., 2008).

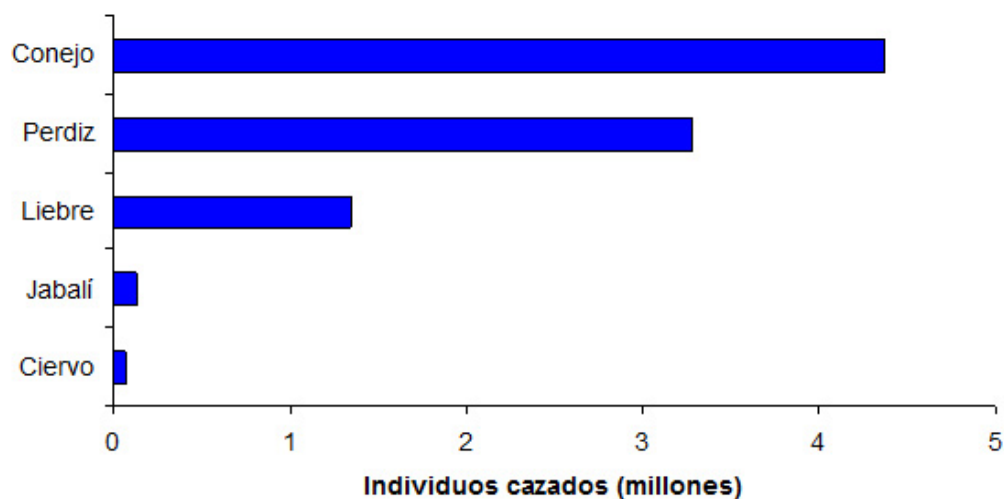


Figura 3. Número de individuos cazados en España de las principales especies cinegéticas durante la temporada 2001-2002 (INE, 2006).

No obstante, si hay una faceta del conejo ampliamente reconocida es su relevancia como presa principal de numerosos depredadores (Delibes e Hiraldo, 1981; Jaksic y Delibes, 1987; Palomares et al., 2001). Estudios recientes han puesto de manifiesto una relación positiva entre el número de especies de rapaces existentes en 20 localidades de Andalucía (Sur de España) y la abundancia de este pequeño mamífero (Delibes-Mateos et al., 2007). Desafortunadamente, existen pocos datos cuantitativos sobre la importancia global del conejo para la comunidad de depredadores ibéricos. De hecho, solo existe una estima del número absoluto de conejos consumidos por toda la comunidad de depredadores a lo largo de un año en un ecosistema mediterráneo. Dicho trabajo fue realizado en la Reserva Biológica de Doñana en los años 80, antes de la llegada de la enfermedad hemorrágica vírica, y según los resultados obtenidos en el mismo, los depredadores consumían entonces unos 51000 conejos al año en las 6000 hectáreas de la reserva, lo que equivaldría a unos 8 conejos por hectárea (Kufner, 1986).

Por otra parte, más de 40 especies de depredadores consumen o pueden consumir conejos con cierta regularidad (**Tabla 1** y referencias citadas en dicha tabla). La mayoría son carnívoros y rapaces, y muchas de estas especies tienen un gran interés desde el punto de vista de la conservación (Delibes e Hiraldo, 1981). Entre los depredadores del conejo se encuentran dos especies bandera de la conservación en Europa: el águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) y el linco ibérico (*Lynx pardinus*). Dichos depredadores se encuentran actualmente muy amenazados y están considerados como super-especialistas en el consumo de conejos (Ferrer y Negro, 2004). Más del 85 % de la dieta del linco, por ejemplo, está formada por conejos (**Tabla 1**). Además, el linco necesita densidades de conejo de entre 1 y 4.6 individuos/ha (en otoño y primavera, respectivamente) para establecer territorios reproductores (Palomares et al., 2001). La proporción de conejos en la dieta del águila imperial es bastante menor (**Tabla 1**), pero un estudio reciente ha puesto de manifiesto que la distribución de esta rapaz está correlacionada con la abundancia de su principal presa (Delibes-Mateos et al., 2007).

Principales depredadores del conejo	% conejos en la dieta (Min-Max) ^b	Categoría UICN ^c
Carnívoros		
Lobo (<i>Canis lupus</i>)	0 - 44.4	NT
Gato Montés (<i>Felis silvestris</i>)	0 - 64	VU
Gineta (<i>Genetta genetta</i>)	2.8 - 11.4	LC
Meloncillo (<i>Herpestes ichneumon</i>)	22.2 - 80.3	DD
Lince ibérico (<i>Lynx pardinus</i>)	77.5 - 99.5	CR
Garduña (<i>Martes foina</i>)	0 - 20.4	LC
Tejón (<i>Meles meles</i>)	0.01 - 61.8	LC
Turón (<i>Mustela putorius</i>)	0 - 30	NT
Zorro (<i>Vulpes vulpes</i>)	0 - 96.1	LC
Rapaces		
Azor (<i>Accipiter gentilis</i>)	12 - 22.4	LC
Buitre negro (<i>Aegypius monachus</i>)	23.9 - 70.7	VU
Águila real (<i>Aquila chrysaetos</i>)	13 - 63.2	NT
Águila imperial (<i>Aquila adalberti</i>)	27.4 - 55.8	EN
Buho real (<i>Bubo bubo</i>)	16.9 - 67.5	LC
Ratonero (<i>Buteo buteo</i>)	0 - 66.6	LC
Aguilucho lagunero (<i>Circus aeruginosus</i>)	0 - 22.8	LC
Aguilucho pálido (<i>Circus cyaneus</i>)	0 - 31.9	LC
Aguilucho cenizo (<i>Circus pygargus</i>)	1 - 17.2	VU
Águila perdicera (<i>Hieraaetus fasciatus</i>)	12.6 - 51.0	EN
Águila calzada (<i>Hieraaetus pennatus</i>)	2 - 60	LC
Milano negro (<i>Milvus migrans</i>)	1.6 - 56.7	NT
Milano real (<i>Milvus milvus</i>)	8.3 - 29.2	EN
Alimoche (<i>Neophron percnopterus</i>)	2.5 - 49.3	EN
Cárbalo (<i>Strix aluco</i>)	8 - 38.3	LC
Otros depredadores		
Aves: Gavilán (<i>Accipiter nisus</i>), Mochuelo (<i>Athene noctua</i>), Cigüeña (<i>Ciconia ciconia</i>), Águila culebrera (<i>Circaetus gallicus</i>), Cuervo (<i>Corvus corax</i>), Elanio azul (<i>Elanus caeruleus</i>), Esmerejón (<i>Falco columbarius</i>), Halcón peregrino (<i>Falco peregrinus</i>), Alcotán (<i>Falco subbuteo</i>), Cernicalo común (<i>Falco tinnunculus</i>), Grulla (<i>Grus grus</i>), Quebrantahuesos (<i>Gypaetus barbatus</i>), Buitre leonado (<i>Gyps fulvus</i>), Gaviota argentea (<i>Larus argentatus</i>), Lechuza (<i>Tyto alba</i>). Mamíferos: Erizo moruno (<i>Erinaceus algirus</i>), Erizo común (<i>Erinaceus europaeus</i>), Comadreja (<i>Mustela nivalis</i>), Jabalí (<i>Sus scrofa</i>). Reptiles: Culebra de escalera (<i>Elaphe scalaris</i>), Lagarto ocelado (<i>Lacerta lepida</i>), Culebra bastarda (<i>Malpolon monpezzulanus</i>).		
	0-5	-

Tabla 1. Contribución del conejo a la dieta de los principales depredadores ibéricos ^a.

^a Se han usado datos de las revisiones de Delibes e Hiraldo (1981), Moleón (2007) y Valkama et al., (2005).

^b porcentaje de ocurrencia (contenido estomacal o excrementos) en el caso de los carnívoros y porcentaje del total de restos en el de las rapaces.

^c CR: en peligro crítico; EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazada; LC: preocupación menor; DD: datos insuficientes

Por otra parte, diversas especies se comportan como depredadores facultativos de conejos, especializándose localmente en su consumo cuando éstos son abundantes. Si sus densidades son altas, los conejos son la presa ideal por su alto valor energético y porque suponen un esfuerzo de captura relativamente bajo (Revilla y Palomares, 2002; Malo et al., 2004). Entre estos depredadores se encuentran especies amenazadas, como el águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*) o el buitre negro (*Aegypius monachus*), los cuales llegan a consumir conejos en una alta proporción (**Tabla 1**). Además, otras muchas especies pueden llegar a alimentarse de conejos de manera oportunista; por ejemplo algunos carnívoros y rapaces de pequeño tamaño, especies omnívoras como el jabalí (*Sus scrofa*) y reptiles como la culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*; **Tabla 1**).

El conejo como ingeniero de ecosistemas

Algunas especies poseen la capacidad de modificar sustancialmente las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos y, por lo tanto, pueden afectar a otras especies y a las relaciones entre éstas dentro de las comunidades. Estas especies modificadoras del hábitat de otros organismos se conocen habitualmente como ingenieros de ecosistemas (Jones et al., 1994). El conejo ha sido recientemente considerado como un destacado ingeniero de los ecosistemas mediterráneos de la Península Ibérica (Gálvez, 2008; Gálvez et al., 2008; Gálvez-Bravo et al., 2009). Entre las actividades relevantes del conejo destacan su actividad excavadora (tanto construyendo madrigueras como creando simples escarbaduras), la deposición de excrementos, principalmente en letrinas, y los efectos derivados de su papel como herbívoro y dispersor de semillas (**Fig. 2**).

Pastoreo y diversidad de especies vegetales

Como hemos mencionado con anterioridad, los conejos llegan a alcanzar altas densidades en algunos lugares (a pesar de las enfermedades, se han registrado más de 40 conejos/ha en algunos lugares de la Península Ibérica; Palomares, 2001), por lo que pueden provocar efectos notables en la composición y estructura de las comunidades vegetales a través del pastoreo. Aunque la mayoría de los trabajos están hechos en áreas donde el conejo ha sido introducido (e.g. Eldridge y Simpson, 2002), existen algunos datos reveladores de los ecosistemas mediterráneos de la Península Ibérica. Soriguer (1981), por ejemplo, estimó que los conejos consumían aproximadamente el 15 % de la biomasa vegetal disponible en el Parque Nacional de Doñana. Del mismo modo, en una dehesa madrileña se ha estimado que los conejos consumen más del 40 % de la biomasa vegetal disponible, superando con creces los valores obtenidos para otros herbívoros (Rueda, 2006). Por otra parte, los conejos exhiben una alta selectividad a la hora de alimentarse en áreas donde han sido introducidos (Leigh et al., 1989), lo que provoca que las plantas más deseadas por el lagomorfo escaseen allá donde éste alcanza altas densidades (Eldridge y Simpson, 2002). En el sur de España, las especies más apetecibles para los conejos (sobre todo especies de las familias *Poaceae* y *Fabaceae*) escasean en pastizales dominados por este herbívoro, mientras que otras menos preferidas (por ejemplo de la familia *Asteraceae*) están presentes en abundancia (García-Fuentes et al., 2006). Además, el continuo pastoreo por parte de los conejos reduce significativamente la altura media de las plantas e incrementa la desigualdad en el tamaño de las mismas (Crawley y Weiner, 1991).

Los conejos, a través del pastoreo, alteran la arquitectura de algunas especies arbustivas y facilitan el mantenimiento de las zonas de matorral abierto que, de otro modo, tenderían a cerrarse de manera natural (Gómez-Sal et al., 1999). Por lo tanto, el pastoreo por parte del conejo promueve zonas donde se intercalan áreas abiertas (pastizales fundamentalmente) y de matorral, hábitat preferido de los propios conejos, pues les proporciona al mismo tiempo áreas de alimentación y refugio (Moreno y Villafuerte, 1995). Pero además este tipo de hábitat favorecido por los conejos también puede beneficiar a otras muchas especies. En algunas regiones de los Países Bajos, por ejemplo, se observó que el pastoreo por parte de liebres y conejos impedía el crecimiento de especies vegetales de alto porte y de este modo favorecía el tipo de hábitat alimenticio preferido por la barnacla carinegra (*Branta bernicla*; van der Wal et al., 2000). Se ha sugerido que en la Península Ibérica el pastoreo por parte de los conejos puede estar contribuyendo a la creación de ecotonos, hábitat óptimo de varias especies de micromamíferos, que se verían, por consiguiente, indirectamente beneficiadas por las actividades del lagomorfo. Del mismo modo, diversos depredadores, que encuentran su hábitat idóneo en el matorral abierto, también se podrían beneficiar de la capacidad del conejo para modelar el hábitat (Delibes-Mateos et al., 2008).

Dispersión de semillas

Al igual que otros herbívoros, el conejo puede consumir grandes cantidades de semillas al pastar, o seleccionárselas activamente como recurso. Algunas de estas semillas se ven dañadas durante la digestión (J.M. Fedriani, Comunicación Personal). Sin embargo, una mayor proporción de estas es capaz de germinar tras pasar por el tracto intestinal del conejo en comparación con el de un rumiante como la oveja (Cosyns et al. 2005). Se ha comprobado que en el monte mediterráneo los conejos son capaces de dispersar las semillas de gran variedad de plantas, incluyendo especies herbáceas, arbustivas e incluso arbóreas (Soriguer, 1986; Muñoz-Reinoso, 1993; Rogers et al., 1994; Malo y Suarez, 1995; Malo et al., 1995; Cerván Carmona y Pardo Navarro, 1997; Dellafiore et al., 2006;). Según una revisión reciente, en los ecosistemas mediterráneos de la Península Ibérica el conejo puede dispersar semillas de cerca de 75 especies vegetales pertenecientes a más de 20 familias (Delibes-Mateos et al., 2008). En general, únicamente una pequeña proporción de excrementos de conejos contienen semillas; aproximadamente un 2'5 % (Malo et al., 2000; Dellafiore et al., 2006). Sin embargo, el número total de semillas dispersadas a lo largo del año es grande, ya que la densidad del lagomorfo suele ser elevada y cada individuo produce en promedio más de 300 excrementos cada día (Wood, 1988). De hecho, se ha comprobado que en ambientes mediterráneos los conejos son capaces de dispersar una mayor cantidad de semillas que otras especies de herbívoros grandes, como el gamo (*Dama dama*), (Malo et al., 2000). Los conejos, por lo tanto, actúan como importantes vectores para la dispersión de semillas, contribuyendo al reclutamiento de las poblaciones vegetales, determinando la composición y densidad de especies y facilitando la llegada de semillas a zonas que no habían sido previamente colonizadas (e.g. Cerván Carmona y Pardo Navarro, 1997; Dellafiore et al., 2009 (en prensa); Malo et al., 1995). Además, se ha sugerido que el conejo podría dispersar las esporas de ciertos hongos (Delibes-Mateos et al., 2008), que forman parte de su dieta (Alves et al., 2006), de manera similar a lo que ocurre en el caso de otros pequeños mamíferos (Dickman, 1999).

Letrinas, nutrientes del suelo y diversidad de escarabajos

Los conejos tienden a depositar grandes cantidades de excrementos en letrinas (a veces más de 1000 excrementos por letrina), que tienen normalmente una función social y que pueden ser usadas durante muchos años (Gibb 1993). A pesar de que el uso de letrinas puede variar entre poblaciones, su número suele ser elevado donde los conejos son abundantes (110 y 80 letrinas/ha se han registrado en estudios llevados a cabo en Almería y Madrid, respectivamente; Petterson, 2001; Gálvez et al., 2004). Los excrementos de los animales domésticos crean parches de altas concentraciones de nutrientes que afectan a la vegetación y a la actividad microbiana del suelo (Lovell y Jarvis, 1996). Los excrementos de conejo tienen concentraciones de nitrógeno y fósforo comparables a las del ganado (Willot et al., 2000). Gracias a ello, sus letrinas tienen un efecto considerable en la fertilidad del suelo y el crecimiento de la vegetación, creando islas fértiles entre el matorral (Willot et al., 2000). Debido a esto, en el sur de España, por ejemplo, las letrinas de conejo alteran la composición, densidad y biomasa de la vegetación de sus alrededores; un incremento de la tercera parte en biomasa y una disminución del 16 % de suelo desnudo (Petterson, 2001). A través de las letrinas, los conejos crean nuevos nichos que son aprovechados por especies de plantas nitrófilas y resistentes al pisoteo, lo que aumenta la heterogeneidad de la composición florística y por consiguiente se incrementa la diversidad beta en los ecosistemas mediterráneos (Gálvez, 2008).

Junto a su importancia para la vegetación, las letrinas también suponen una fuente de alimento importante para muchas especies de invertebrados coprófagos (Galante y Cartagena, 1999). Por ejemplo, escarabajos mediterráneos como *Onthophagus latigena* y *O. emarginatus* se alimentan frecuentemente de excrementos de conejo (Galante y Cartagena, 1999; Sánchez-Piñero y Ávila, 2001). La disponibilidad y abundancia de excrementos de conejos parecen estar entre los factores más determinantes en la diversificación evolutiva y el alto número de endemismos de escarabajos coprófagos ibéricos (Verdú y Galante, 2002). Además, algunas de estas especies muestran adaptaciones anatómicas en sus mandíbulas, como denticulos prominentes y molares bien desarrollados, que aparentemente facilitan la explotación de la fibra de los excrementos de conejo (Verdú y Galante, 2004).

Actividad excavadora y madrigueras de conejo

Los conejos deben su nombre científico, *Oryctolagus*, a su prominente actividad excavadora, puesto que *oryktes* en griego significa "excavador". Estos animales suelen vivir formando grupos sociales en madrigueras (Gibb, 1990; Kolb, 1991) por lo que no es de extrañar que sus poblaciones más saludables se encuentren asociadas a altas densidades de estas estructuras (Blanco y Villafuerte, 1993). En Doñana, por ejemplo, se han registrado zonas con más de 250 bocas de madrigueras por hectárea (Palomares, 2001). Por consiguiente, las madrigueras de conejo pueden constituir un elemento importante de los paisajes mediterráneos. La actividad excavadora de los conejos puede ser tan notable que incluso algunos de los grandes clásicos griegos y romanos sugirieron que pudo causar en la antigüedad el hundimiento de las edificaciones de algunos pueblos de las Islas Baleares (ver García y Bellido, 1988). Aunque en la Península Ibérica se desconoce la proporción de terreno removido por los conejos, ésta debe ser importante en lugares donde el lagomorfo es abundante, ya que trabajos realizados en Australia han estimado que los conejos pueden llegar a remover más de 63 m³ por cada hectárea (revisado en Gálvez, 2008).

Las madrigueras de los conejos pueden servir como área de alimentación y refugio para numerosas especies (Gálvez et al., 2009). Por otra parte, numerosos vertebrados pueden utilizar también las madrigueras de conejo, fundamentalmente como zonas de refugio. Entre ellos podemos citar anfibios como el gallipato (*Pleurodeles waltl*), reptiles como la culebra bastarda, micromamíferos como el lirón careto (*Eliomys quercinus*) o carnívoros como el tejón (*Meles meles*) o el lince (Blázquez y Villafuerte, 1990; Palomares y Delibes, 1993; Revilla et al., 2001). Del mismo modo, estudios recientes llevados a cabo en una dehesa madrileña han puesto de manifiesto que las madrigueras de los conejos albergan altas densidades de lagartijas, especialmente en zonas abiertas donde hay una mayor escasez de refugios para estos reptiles y pueden convertirse en zonas adecuadas para termoregular (Gálvez et al., 2009). Pero además de la importancia de las madrigueras para otras especies, debemos destacar que la actividad excavadora del conejo, tanto al construir madrigueras como simples escuraduras, también podría afectar al ciclo de nutrientes, a la infiltración de agua, a la estructura del suelo y a la microtopografía, al igual que ocurre con otras especies de pequeños mamíferos (Dickman, 1999; Kinlaw 1999; Whitford y Kay 1999).

El conejo: una especie clave del monte mediterráneo.

Según la definición de Power et al. (1996) una especie clave (del inglés “keystone species”) es aquella cuyos efectos son desproporcionadamente grandes en relación a su abundancia. Este criterio excluiría a especies muy abundantes como es el conejo. Sin embargo, Kotliar (2000) sugirió que aquellas especies que llevan a cabo papeles no desarrollados por otras especies o procesos deben ser también consideradas como especies clave. Considerando este criterio, el conejo actúa, sin lugar a dudas, como especie clave en el ecosistema mediterráneo, ya que su papel es crucial para el mantenimiento de la organización y diversidad de diferentes comunidades (Soriguer, 1981; Rogers et al., 1994; Delibes-Mateos et al., 2007). Las especies clave suelen dividirse en 5 tipos: depredadores, presas, hospedadores, mutualistas y modificadores de hábitat (Mills et al., 1993). Como hemos visto, el conejo lleva a cabo casi todas estas funciones en los ecosistemas ibéricos y, por tanto, puede considerarse una especie clave multifuncional del ecosistema mediterráneo.

Por definición, la eliminación o declive de una especie clave de un ecosistema tiene consecuencias más graves que si se elimina cualquier otra especie (Power et al., 1996). Desde principios del siglo XX, las poblaciones de conejo han sufrido una merma generalizada, principalmente como consecuencia de la pérdida de hábitat óptimo y de la aparición de dos enfermedades de carácter vírico, la mixomatosis y la enfermedad hemorrágica del conejo (e.g. Muñoz, 1960; Villafuerte et al., 1995). Algunos autores han estimado dicho declive en más del 70 % entre 1973 y 1993 (Virgós et al., 2007). En este sentido, el declive del conejo ha afectado profundamente a diversas especies y procesos del ecosistema mediterráneo de la Península Ibérica. Por ejemplo, está ampliamente constatado que la disminución de esta presa ha afectado al éxito reproductivo de algunos depredadores (Fernández, 1993; Real y Mañosa, 1997). El declive del conejo debe estar afectando también a otros muchos aspectos menos estudiados del ecosistema mediterráneo, como la disponibilidad de refugios para invertebrados, lagartijas, mamíferos etc, al ciclo de nutrientes, a la diversidad de especies vegetales y a la abundancia de escarabajos endémicos especialistas en los excrementos de conejo (Delibes-Mateos et al., 2008). El hecho de que la disminución del conejo haya afectado a otras especies y procesos del ecosistema parece indicar que su importancia es excepcional en relación a la del resto de las especies (Delibes-Mateos et al., 2007).

El monte mediterráneo o ecosistema del conejo ha cambiado mucho durante las últimas décadas. Aunque es difícil estimar en términos cuantitativos cuanto de este cambio puede deberse al declive del conejo (Virgós et al., 2007), sin duda, la recuperación de este singular lagomorfo constituye uno de los grandes retos para la conservación de la biodiversidad en la porción occidental de la cuenca mediterránea.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a Pablo Ferreras, Luis Navarro, Rafael Villafuerte y especialmente a Miguel Delibes por sus valiosos comentarios a versiones previas de este trabajo. Además, agradecemos a Germán Delibes, Marta Rueda y Ramón Soriguer por la bibliografía que nos han facilitado para la realización de este artículo.

L. Gálvez-Bravo desea agradecer expresamente la contribución y el apoyo de Salvador Rebollo, Antonio Gómez-Sal, Antonio López-Pintor y Marta Rueda con respecto al tema abordado en este artículo y durante la realización de su tesis doctoral.

Referencias

Alves, J., Vingada, J., Rodrigues, P. 2006. The wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) diet on a sand dune area in central Portugal: a contribution towards management. *Wildlife Biology in Practice* 2:63-71.

Angulo, E. 2003. *Factores que afectan a la distribución y abundancia del conejo en Andalucía*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

- Angulo, E., Villafuerte, R. 2003. Modelling hunting strategies for the conservation of wild rabbit populations. *Biological Conservation* 115:291-301.
- Ballesteros, F. 1998. *Las especies de caza en España. Biología, Ecología y Conservación*. Colección Técnica. Estudio y Gestión del Medio, Oviedo, España.
- Blázquez, M., Villafuerte, R. 1990. Nesting of the Montpellier snake (*Malpolon monspessulanus*) inside rabbit warrens at Doñana National Park (Spain): phenology and a probable case of communal nesting. *Journal of Zoology* 222:692-693.
- Blanco, J.C., Villafuerte, R. 1993. *Factores ecológicos que influyen sobre las poblaciones de conejo: incidencia de la enfermedad hemorrágica*. Empresa de Transformación Agraria S.A., Madrid, España.
- Callou, C. 2003. *De la garenne au clapier. Étude archéozoologique du lapin en Europe occidentale*. Mémoires du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, Francia.
- Cerván Carmona, C.M., Pardo Navarro, F. 1997. Dispersión de semillas de retama (*Retama sphaerocarpa*, L. Boiss) por el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el centro de España. *Doñana Acta Vertebrata* 21:143-154.
- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C., Díaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Cosyns, E., Delporte, A., Lens, L., Hoffman, M. 2005 Germination success of temperate grassland species after passage through ungulate and rabbit guts. *Journal of Ecology* 93:353-361
- Cowling, R.M., Rundell, P.W., Lamont, B.B., Arroyo, M.K., Arianoutsou, M. 1996. Plant diversity in Mediterranean-climate regions. *Trends in Ecology and Evolution* 11:362-366.
- Crawley, M.J., Weiner, J. 1991. Plant size variation and vertebrate herbivory: winter wheat grazed by rabbits. *Journal of Applied Ecology* 28:154-172.
- Delibes, M. 1972. *La caza en España*. Alianza Editorial, Madrid, España.
- Delibes, M., Hiraldo, F. 1981. The rabbit as a prey in the Iberian Mediterranean ecosystem. En: Myers, K., MacInnes, C.D. (Eds.) *Proceedings of the 1 World lagomorph conference*, pp. 614-622, University of Guelph, Ontario, Canada.
- Delibes-Mateos, M., Redpath, S.M., Angulo, E., Ferreras, P., Villafuerte, R. 2007. Rabbits as a keystone species in southern Europe. *Biological Conservation* 137:149-156.
- Delibes-Mateos, M., Delibes, M., Ferreras, P., Villafuerte, R. 2008. The key role of European rabbits in the conservation of the western Mediterranean basin hotspot. *Conservation Biology* 22:1106-1117.
- Delibes-Mateos, M., Ferreras, P., Villafuerte, R. 2009. European rabbit population trends and associated factors: a review of the situation in the Iberian Peninsula. *Mammal Review* 39:124-140.
- Dellafiore, C.M., Muñoz Vallés, S., Gallego Fernández, J.B. 2006. Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) as dispersers of *Retama monosperma* seeds in a coastal dune system. *EcoScience* 13:5-10.
- Dellafiore, C.M., Gallego Fernández, J.B., Muñoz Vallés, S. 2009 (en prensa). The rabbit as a seed disperser in a coastal dune system. *Plant Ecology* 00:000-000.
- Di Castri, F., Mooney, H.A. 1973. *Mediterranean type ecosystems. Origin and structure*. Ecological Studies 7. Chapman and Hall, Londres, Gran Bretaña.
- Dickman, C.R. 1999. Rodent-ecosystem relationships: a review. En: Singleton, G.R., Hinds, L.A., Leirs, H., Zhang, Z. (Eds.). *Ecologically based management of rodent pests*, pp. 113-133, Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Eldridge, D.J., Simpson, R. 2002. Rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) impacts on vegetation and soils, and implication for management of wooded rangelands. *Basic and Applied Ecology* 3:19-29.

- Fernández, C. 1993. Effect of the viral haemorrhagic pneumonia of the wild rabbit on the diet and breeding success of the golden eagle, *Aquila chrysaetos* (L.). *Terre et Vie* 48:323-329.
- Ferrer, M., Negro, J.J. 2004. The near extinction of two large European predators: super specialists pay a price. *Conservation Biology* 18:344-349.
- Galante, E., Cartagena, M.C. 1999. Comparision of Mediterranean dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) in cattle and rabbit dung. *Environmental Entomology* 28:420-424.
- Gálvez, L., López-Pintor, A., De Miguel, J., Rebollo, S., Gómez-Sal, A. 2004. The European rabbit as an ecosystem engineer: The contribution of warrens and latrines to diversity and heterogeneity in a Mediterranean dehesa. En: CBIO (Ed.), *2nd World Lagomorph Conference Abstract Book*, pp. 48, Research Center in Biodiversity and Genetic Resources, University of Porto, Porto, Portugal.
- Gálvez, L. 2008. *El conejo como ingeniero de los ecosistemas*. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España.
- Gálvez, L., López-Pintor, A., De Miguel, J., Alonso, G., Rueda, M., Rebollo, S. & Gómez-Sal, A. 2008. Ecosystem engineering effects of European rabbits in a Mediterranean habitat. En: P.C. y Hackländer, K. (Eds.), *Lagomorph biology: evolution, ecology and conservation* Alves, pp. 125-140, Springer-Verlag, Berlin, Alemania.
- Gálvez, L., Belliure, J., Rebollo, S. 2009. European rabbits as ecosystem engineers: warrens increase lizard density and diversity. *Biodiversity and Conservation* 18:869-885.
- García y Bellido, A. 1998. Veinticinco estampas de la España antigua. Espasa-Calpe, Madrid, España.
- García-Fuentes, A., Muñoz-Rodríguez, J.J., Cano-Carmona, E. 2006. Alteraciones florísticas en los pastizales sometidos a altas densidades de conejos. *Revista del Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía* 5:2-5.
- Gibb, J.A. 1990. The European rabbit, *Oryctolagus cuniculus*. En: Chapman, J.A. y Flux, J.E.C. (Eds.), *Rabbits, hares and pikas: status survey and conservation action plan*, pp. 116-120, IUCN/SCC Lagomorph Specialist Group, Information Press, Oxford, Gran Bretaña.
- Gibb, J.A. 1993. Sociality, time and space in a sparse population of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Zoology* 229:581-607.
- Gómez-Sal, A., Rey-Benayas, J.M., López-Pintor, A., Rebollo, S. 1999. Role of disturbance in maintaining a savanna-like pattern in Mediterranean *Retama sphaerocarpa* shrubland. *Journal of Vegetation Science* 10:365-370.
- Hockett, B.S., Bicho, N.F. 2000. The rabbits of Picareiro Cave: small mammal hunting during the late Upper Palaeolithic in the Portuguese Estremadura. *Journal of Archaeological Science* 27:715-743.
- Jakic, F.M., Delibes, M. 1987. A comparative analysis of food-niche relationships and trophic guild structure in two assemblages of vertebrate predators differing in species richness: causes, correlations and consequences. *Oecologia* 71:461-472.
- Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachack, M. 1994. Organism as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373-386.
- INE (Instituto Nacional de Estadística) 2006. *Caza: piezas cobradas por especie, número/peso/valor/ y año*. Instituto Nacional de Estadística, Madrid, España. (Disponible en www.ine.es).
- Kinlaw, A. 1999. A review of burrowing by semi-fossorial vertebrates in arid environments. *Journal of Arid Environments*. 41:127-145
- Kolb, H.H. 1991. Use of burrows and movements by wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) on an area of sand dunes. *Journal of Applied Ecology* 28:879-891.
- Kotliar, N.B., Baker, W.B., Whicker, A.D., Pluma, G. 1999. A critical review of assumptions about the prairie dog as a keystone species. *Environmental Management* 24:177-192.

- Kotliar, N.B. 2000. Application of the new keystone-species concept to prairie dogs: how well does it work? *Conservation Biology* 14:1715-1721.
- Kufner, M.B. 1986. *Tamaño, actividad, densidad relativa y preferencia de hábitat de los pequeños y medianos mamíferos de Doñana, como factores condicionantes de su tasa de depredación*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Leigh, J.H., Wood, D.H., Holgate, M.D., Slee, A., Stranger, M.D. 1989. Effect of rabbit and kangaroo grazing on two semi-arid grassland communities in central-western New South Wales. *Australian Journal of Botany* 37:375-396.
- Lovell, R.H., Jarvis, S.C. 1996. Effect of cattle dung on soil microbial biomass C and N in a permanent pasture soil. *Soil Biology and Biochemistry* 28:291-299.
- Malo, A.F., Lozano, J., Huertas, D.L., Virgós, E. 2004. A change of diet from rodents to rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Is the wild cat (*Felis silvestris*) a specialist predator? *Journal of Zoology* 263: 401-407.
- Malo, J.E., Jiménez, B., Suárez, F. 2000. Herbivory dunging and endozoochorous seed deposition in a Mediterranean dehesa. *Journal of Rangeland Management* 53:322-328.
- Malo, J.E., Jimenez, B., Suarez, F. 1995. Seed bank build-up in small disturbances in a Mediterranean pasture: the contribution of endozoochorous dispersal by rabbits. *Ecography* 19: 73-82.
- Malo, J.E., Suárez, F. 1995. Herbivorous mammals as seed dispersers in Mediterranean dehesa. *Oecologia* 104:246-255.
- Mills, S., Soule, M.E., Doak, D.F. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience* 43:219-226.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreaus, J., da Fonseca, G.A.B. 2005. *Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Conservation International/CEMEX. México D.F., México.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente) 2008. *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica*. MMA, Madrid, España. Disponible en: <http://www.mma.es>
- Moleón, M. 2007. El estudio del impacto de los depredadores sobre las presas cinegéticas: un intento de compatibilizar caza y conservación. En: Bareaz-Azcón, J.M., Moleón, M., Travesí, R., Ballesteros-Duperón, E., Luzón, J.M., Tierno de Figueroa, J.M. (Eds.), *Biodiversidad y conservación de fauna y flora en ambientes Mediterráneos*, pp. 743-794, Sociedad Granatense de Historia Natural, Granada, España.
- Moreno, S., Villafuerte, R. 1995. Traditional management of scrubland for the conservation of rabbits *Oryctolagus cuniculus* and their predators in Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation* 73:81-85.
- Muñoz, G. 1960. *Anverso y reverso de la mixomatosis*. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Madrid, España.
- Muñoz-Reinoso, J.C. 1993. Consumo de gálbulos de sabina (*Juniperus phoenicea* spp. *turbinata* Guss, 1981) y dispersión de semillas por el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en el Parque Nacional de Doñana. *Doñana Acta Vertebrata* 20:49-58.
- Palomares, F., Delibes, M. 1993. Key habitat for Egyptian Mongooses in Doñana National Park (southwestern Spain). *Journal of Applied Ecology* 30:752-758.
- Palomares, F. 2001. Comparison of 3 methods to estimate rabbit abundance in Mediterranean environment. *Wildlife Society Bulletin* 29:578-585.
- Palomares, F., Delibes, M., Revilla, E., Calzada, J., Fedriani, J.M. 2001. Spatial ecology of Iberian Lynx and abundance of European rabbits in south-western Spain. *Wildlife Monographs* 148:1-36.
- Pérez Ripoll, M. 2005. Caracterización de las fracturas antrópicas de y sus tipologías en huesos de conejo procedentes de los niveles gravetienses de la Cova de les Cendres (Alicante). *MUNIBE* 57:239-254.
- Petterson, D. 2001. *The effects of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) on soils and vegetation in semi-arid, south-eastern Spain*. Tesis Doctoral. Universidad de Leeds, Gran Bretaña.

- Power, M.E., Tilman, D., Estes, J.A., Menge, B.A., Bond, W.J., Mills, L.S., Daily, G., Castilla, J.C., Lubchenco, J., Paine, R.T. 1996. Challenges in the quest for keystones. *BioScience* 46:609-620.
- Real, J., Mañosa, S. 1997. Demography and conservation of the Western European Bonellis Eagle (Hieraaetus fasciatus) populations. *Biological Conservation* 79:59-66.
- Revilla, E., Palomares, F., Fernández, N. 2001. Characteristics, location and selection of diurnal resting dens by Eurasian badgers (Meles meles) in a low density area. *Journal of Zoology* 255:291-299.
- Revilla, E., Palomares, F. 2002. Does local feeding specialization exist in Eurasian badgers? *Canadian Journal of Zoology* 80:83-93.
- Rogers, P.M., Arthur, C.P., Soriguer, R.C. 1994. The rabbit in continental Europe. En: Thompson, H.V., King, C.M. (Eds.), *The rabbit. The history and biology of a successful colonizer*, pp. 22-63, Oxford Science Publications, Oxford, Gran Bretaña.
- Rueda, M. 2006. *Selección de hábitat por herbívoros de diferente tamaño y sus efectos sobre la vegetación*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá.
- Sánchez-Piñero, F., Ávila, J.M. 1991. Análisis comparativo de los Scarabaeoidea (Coleoptera) coprófagos en las deyecciones de conejo (Oryctolagus cuniculus (L.)) y de otros mamíferos: estudio preliminar. *Eos* 67:23-24.
- Soriguer, R.C. 1981. El conejo: papel ecológico y estrategia de vida en los ecosistemas mediterráneos. En: *Actas XV Congreso Internacional de Fauna Cinegética y Silvestre*, pp. 517-542, Trujillo, España.
- Soriguer, R.C. 1983. Consideraciones sobre el efecto de los conejos y los grandes herbívoros en los pastizales de la vera de Doñana. *Doñana Acta Vertebrata* 10:155-168.
- Soriguer, R.C. 1986. The rabbit as a plant seed disperser. *Mammal Review* 16:197-198.
- Symeonakis, E., Calvo-Cases, A., Arnau-Rosalen, E. 2007. Land use change and land degradation in southeastern Mediterranean Spain. *Environmental Conservation* 40:80-94.
- Valverde, J.A. 1967. *Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres*. Monografías de la Estación Biológica de Doñana. CSIC, Madrid, España.
- Valkama, J., Korpimäki, E., Arroyo, B., Beja, P., Bretagnolle, V., Bro, E., Kenward, R., Mañosa, S., Redpath, S.M., Thirgood, S., Viñuela, J. 2005. Birds of prey as limiting factors of gamebird populations in Europe: a review. *Biological Reviews* 80:171-203.
- Van Dan, P.J.E.M. 2001. Status loss due to ecological success. Landscape change and the spread of the rabbit. *Innovation* 14:1469-1484.
- Van der Wal, R., van Wijnen, H., van Wieren, S., Beucher, O., Bos, D. 2000. On facilitation between herbivores: how Brent Geese profit from brown hares. *Ecology* 81: 969-980.
- Verdú, J.R., Galante, E. 2002. Climatic stress, food availability and human activity as determinants of endemism patterns in the Mediterranean region: the case of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) in the Iberian Peninsula. *Diversity and Distributions* 8:259-274.
- Verdú, J.R., Galante, E. 2004. Behavioural and morphological adaptations for a low-quality resource in semi-arid environments: dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) associated with the European rabbit (Oryctolagus cuniculus L.). *Journal of Natural History* 38:705-715.
- Villafuerte, R., Calvete, C., Blanco, J.C., Lucientes, J. 1995. Incidence of viral hemorrhagic disease in wild rabbit populations in Spain. *Mammalia* 59:651-659.
- Virgós, E., Cabezas-Díaz, S., Lozano, J. 2007. Is the wild rabbit (Oryctolagus cuniculus) a threatened species in Spain? Sociological constraints in the conservation of species. *Biodiversity and Conservation* 16:3489-3504.

- Willot, S.J., Miller, A.J., Incoll, L.D., Compton, S.G. 2000. The contribution of rabbits (Oryctolagus cuniculus L.) to soil fertility in semi-arid Spain. *Biology and Fertility of Soils* 31:379-384.
- Whitford, W.G., Kay, F.R. Biopedturbation by mammals in deserts: a review. *Journal of Arid Environments* 41:203-230
- Wood, D.H. 1988. Estimating rabbit density by counting dung pellets. *Australian Wildlife Research* 15:665-671.